

Rec'd PCT/PTO 15 DEC 2004

R E P U B L I Q U E F R A N C A I S E



PCT/FR03/0185

10/518649

REC'D 01 SEP 2003	
WIPO	PCT

#5

# BREVET D'INVENTION

CERTIFICAT D'UTILITÉ - CERTIFICAT D'ADDITION

## COPIE OFFICIELLE

Le Directeur général de l'Institut national de la propriété industrielle certifie que le document ci-annexé est la copie certifiée conforme d'une demande de titre de propriété industrielle déposée à l'Institut.

Fait à Paris, le 30 MAI 2003

Pour le Directeur général de l'Institut  
national de la propriété industrielle  
Le Chef du Département des brevets

Martine PLANCHE

DOCUMENT DE PRIORITÉ

PRÉSENTÉ OU TRANSMIS  
CONFORMÉMENT À LA  
RÈGLE 17.1.a) OU b)

INSTITUT  
NATIONAL DE  
LA PROPRIÉTÉ  
INDUSTRIELLE

SIEGE  
26 bis, rue de Saint Petersburg  
75800 PARIS cedex 08  
Téléphone : 33 (0)1 53 04 53 04  
Télécopie : 33 (0)1 53 04 45 23  
www.inpi.fr

BEST AVAILABLE COPY

Réservé à l'INPI

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

08 540 W / 260599

<b>REMISE DES PIÈCES</b> <b>DATE</b> 19 JUIN 2002 <b>LIEU</b> 75 INPI PARIS <b>N° D'ENREGISTREMENT</b> 0207560 <b>NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI</b> <b>DATE DE DÉPÔT ATTRIBUÉE PAR L'INPI</b> 19 JUIN 2002		<b>1 NOM ET ADRESSE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE À QUI LA CORRESPONDANCE DOIT ÊTRE ADRESSÉE</b> BREVATOME 3 rue du Docteur Lancereaux 75008 PARIS	
<b>Vos références pour ce dossier (facultatif)</b> B 13989.3 PR (DD 2296)			
<b>Confirmation d'un dépôt par télécopie</b> <input type="checkbox"/> N° attribué par l'INPI à la télécopie			
<b>2 NATURE DE LA DEMANDE</b>		<b>Cochez l'une des 4 cases suivantes</b>	
Demande de brevet		<input checked="" type="checkbox"/>	
Demande de certificat d'utilité		<input type="checkbox"/>	
Demande divisionnaire		<input type="checkbox"/>	
<i>Demande de brevet initiale</i> N° _____ Date ____/____/____ <i>ou demande de certificat d'utilité initiale</i> N° _____ Date ____/____/____			
Transformation d'une demande de brevet européen <i>Demande de brevet initiale</i> <input type="checkbox"/> N° _____ Date ____/____/____			
<b>3 TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum)</b> BOUCLE A VERROUILLAGE DE RETARD			
<b>4 DÉCLARATION DE PRIORITÉ OU REQUÊTE DU BÉNÉFICE DE LA DATE DE DÉPÔT D'UNE DEMANDE ANTÉRIEURE FRANÇAISE</b>		Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ Pays ou organisation _____ N° _____ Date ____/____/____ <input type="checkbox"/> S'il y a d'autres priorités, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
<b>5 DEMANDEUR</b>		<input type="checkbox"/> S'il y a d'autres demandeurs, cochez la case et utilisez l'imprimé «Suite»	
Nom ou dénomination sociale		COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE	
Prénoms			
Forme juridique		Etablissement public de caractère Scientifique, Technique et Industriel	
N° SIREN			
Code APE-NAF			
Adresse	Rue	31-33 rue de la Fédération	
	Code postal et ville	75752	PARIS 15ème
Pays		FRANCE	
Nationalité		FRANCAISE	
N° de téléphone (facultatif)			
N° de télécopie (facultatif)			
Adresse électronique (facultatif)			

REMISE DES PIÈCES DATE: <b>19 JUIN 2002</b> LIEU: <b>75 INPI PARIS</b> N° D'ENREGISTREMENT: <b>0207560</b> NATIONAL ATTRIBUÉ PAR L'INPI		Réservé à l'INPI	
<b>Vos références pour ce dossier :</b> <i>(facultatif)</i>		B 13989.3 PR (DD 2296)	
<b>6 MANDATAIRE</b>			
Nom		RICHARD	
Prénom		Patrick	
Cabinet ou Société		BREVATOME 422.5/S002	
N° de pouvoir permanent et/ou de lien contractuel		7068 du 12.06.98	
Adresse	Rue	3 rue du Docteur Lancereaux	
	Code postal et ville	75008	PARIS
N° de téléphone <i>(facultatif)</i>		01.53.83.94.00	
N° de télécopie <i>(facultatif)</i>		01.45.63.83.33	
Adresse électronique <i>(facultatif)</i>		brevets.patents@brevalex.com	
<b>7 INVENTEUR (S)</b>			
Les inventeurs sont les demandeurs		<input type="checkbox"/> Oui <input checked="" type="checkbox"/> Non <b>Dans ce cas fournir une désignation d'inventeur(s) séparée</b>	
<b>8 RAPPORT DE RECHERCHE</b>		Uniquement pour une demande de brevet (y compris division et transformation)	
Établissement immédiat ou établissement différé		<input checked="" type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	
Paiement échelonné de la redevance		<b>Paiement en trois versements, uniquement pour les personnes physiques</b> <input type="checkbox"/> Oui <input type="checkbox"/> Non	
<b>9 RÉDUCTION DU TAUX DES REDEVANCES</b>		<b>Uniquement pour les personnes physiques</b> <input type="checkbox"/> Requête pour la première fois pour cette invention <i>(joindre un avis de non-imposition)</i> <input type="checkbox"/> Requête antérieurement à ce dépôt <i>(joindre une copie de la décision d'admission pour cette invention ou indiquer sa référence) :</i>	
Si vous avez utilisé l'imprimé «Suite», indiquez le nombre de pages jointes			
<b>10 SIGNATURE DU DEMANDEUR OU DU MANDATAIRE</b> (Nom et qualité du signataire)  P. RICHARD 422-5 S/002		<b>VISA DE LA PRÉFECTURE OU DE L'INPI</b>  M. BLANCANEUX	

## BOUCLE A VERROUILLAGE DE RETARD

Domaine technique et art antérieur

5 L'invention concerne une boucle à verrouillage de retard plus communément appelée boucle DLL (DLL pour « Delay Locked Loop »).

10 Les boucles DLL sont communément utilisées pour aligner en phase deux signaux d'horloge, notamment dans les mémoires DRAM (DRAM pour « Dynamic Random Access Memory »). Les boucles DLL permettent alors d'obtenir un très bon synchronisme entre une horloge externe au circuit intégré et une horloge interne. Les boucles DLL sont également utilisées pour générer ou mesurer un retard temporel avec précision, ou encore pour générer  
15 des horloges d'échantillonnage de signal (cf. « An Eight Channel 36GSample/s CMOS Timing Analyser », Dan Weinlader, Ron Ho, Chih-Kong Ken Yang, Mark Horowitz, 2000 IEEE International Solid-State Circuits Conference).

20 L'invention s'applique à tous les domaines mentionnés ci-dessus et, de façon plus particulièrement avantageuse, à la génération et à la mesure de retards dans les émetteurs-récepteurs utilisant la technique de communication de type ultra large bande.

25 Le schéma de principe d'une boucle DLL selon l'art antérieur est donné en figure 1. La boucle DLL comprend une chaîne de retard composée de  $n$  cellules de retard  $R_i$  ( $i=1, 2, 3, \dots, n-1, n$ ) en série, d'un détecteur de phase/fréquence 1, d'une pompe de charges  
30 2 et d'un filtre de boucle 3. Chaque cellule de retard introduit un retard  $\Delta t$  identique aux retards des autres

cellules. Le retard  $\Delta t$  peut être contrôlé par un signal qui peut être une tension ou un courant. Chaque cellule de retard peut être réalisée à l'aide d'une paire différentielle. La variation du retard  $\Delta t$  est alors  
 5 obtenue par la variation du courant de polarisation de la paire différentielle.

L'entrée et la sortie de la chaîne de retard sont appliqués au détecteur de phase/fréquence 1. Le détecteur de phase/fréquence 1 peut être un simple  
 10 comparateur de phase qui compare les phases des signaux d'entrée et de sortie de la chaîne de retard. Le signal issu du détecteur 1 commande la pompe de charge 2 qui génère alors un courant fonction de la différence de phase entre le signal d'entrée et le signal de sortie  
 15 de la chaîne de retard. Ce courant est appliqué en entrée du filtre de boucle 3 pour être filtré. Le courant filtré issu du filtre de boucle 3 est appliqué aux cellules de la chaîne de retard pour contrôler le retard des cellules.

20 Le mode de fonctionnement d'une boucle DLL selon l'art connu va maintenant être décrit.

Un signal de période  $T$  est appliqué sur l'entrée de la chaîne de retard. Lorsque la boucle DLL est stabilisée, les signaux en entrée et en sortie de  
 25 la chaîne de retard sont en phase. Le retard entre ces deux signaux est alors égal à  $T$ . Puisque toutes les cellules de retard sont identiques, le retard apporté par une cellule est égal à  $T/n$ . On dispose alors, en plus du signal d'horloge appliqué en entrée de la  
 30 chaîne de retard, de  $n$  signaux d'horloge  $a_i$  ( $i=1, 2, 3, \dots, n-1, n$ ), un signal  $a_i$  étant décalé de l'intervalle

de temps  $iT/n$  par rapport au signal d'horloge appliqué en entrée de la chaîne de retard. Les différents signaux  $a_i$  peuvent être utilisés pour mesurer un retard, générer un retard, synthétiser un signal de  
 5 fréquence, reconstruire des signaux, et..

Un avantage de ce type de structure est la faible consommation. Cependant, plusieurs inconvénients peuvent être soulignés.

Ainsi, générer un retard  $mT/n$  peut-il conduire  
 10 à utiliser un nombre  $n$  de cellules élevé. Par exemple, un retard de  $13T/100$  ( $m=13$  et  $n=100$ ) nécessite l'utilisation de cent cellules de retard.

Par ailleurs, la structure est limitée en fréquence par le retard minimum  $T_{min}$  qu'impose chaque  
 15 cellule de retard élémentaire. Lorsqu'on travaille à fréquence maximale, il n'est en effet pas possible de générer un retard qui ne soit pas un multiple entier de  $T_{min}$ .

L'invention ne présente pas ces inconvénients.

20

#### Exposé de l'invention

En effet l'invention concerne une boucle à verrouillage de retard comprenant une chaîne de cellules de retard montées en série, un signal de  
 25 retard délivré par la boucle étant prélevé sur la sortie d'une des cellules de retard, l'entrée de la chaîne de cellules de retard étant connectée à une première entrée d'un détecteur de phase/fréquence dont une deuxième entrée est connectée à une sortie de  
 30 cellule de retard. La boucle de retard comprend des moyens de commande aptes à modifier, au rythme d'un

signal d'horloge et sous l'action d'une information de commande, la sortie de la cellule de retard qui est connectée à la deuxième entrée du détecteur phase/fréquence.

5           La boucle à verrouillage de retard selon l'invention permet ainsi de modifier le nombre de cellules de retard vu par le détecteur de phase/fréquence. Cette modification permet de produire un retard élémentaire de chaque cellule de retard  
10 différent du retard élémentaire  $T/n$  obtenu selon l'art antérieur.

          Comme cela apparaîtra dans la suite de la description, le retard d'une cellule de retard élémentaire peut alors être un retard fractionnaire. Il  
15 est ainsi possible d'obtenir une boucle DLL fractionnaire.

          Une modification du nombre de cellules de retard vues par le détecteur de phase/fréquence peut se faire à chaque coup d'horloge du signal appliqué en  
20 entrée de la chaîne de retard. Cette modification peut également se faire à une fréquence plus faible.

          L'utilisation d'un nombre de cellules de retard inférieur au nombre total de cellules de retard disponibles présente également l'avantage de réduire la  
25 consommation de la boucle DLL. De plus, la fréquence de travail maximum est augmentée puisque cette fréquence maximum est inversement proportionnelle à la quantité  $NT_{min}$ , où  $N$  est le nombre de cellules de retard utilisées et  $T_{min}$  est le délai minimal apporté par une  
30 cellule de retard élémentaire.

### Brève description des figures

D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront à la lecture d'un mode de réalisation préférentiel de l'invention fait en  
5 référence aux figures jointes parmi lesquelles :

- la figure 1 représente une boucle à verrouillage de retard selon l'art antérieur ;
- la figure 2 représente une boucle à verrouillage de retard selon un premier mode de réalisation de  
10 l'invention ;
- la figure 3 représente un exemple de boucle à verrouillage de retard selon le premier mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 4 représente une boucle à verrouillage de retard selon un deuxième mode de réalisation de  
15 l'invention ;
- les figure 5A et 5B représentent, respectivement, un perfectionnement de la boucle à verrouillage de retard selon le premier mode de réalisation de  
20 l'invention et un perfectionnement de la boucle à verrouillage de retard selon le deuxième mode de réalisation de l'invention.

Sur toutes les figures, les mêmes références désignent les mêmes éléments.

25

### Description détaillée de modes de mise en œuvre de l'invention

La figure 1 a été décrite précédemment ; il est donc inutile d'y revenir.

30

La figure 2 représente une boucle à verrouillage de retard selon un premier mode de



réalisation de l'invention.

Outre les éléments déjà mentionnés en description de la figure 1, une boucle DLL selon le premier mode de réalisation de l'invention comprend des  
5 moyens de multiplexage 4. Les moyens de multiplexage 4 comprennent n entrées de signal, une sortie de signal, une entrée d'horloge et une entrée de commande.

Chaque entrée de signal des moyens de multiplexage 4 est reliée à un signal retardé  $a_i$   
10 différent ( $i=1, 2, \dots, n$ ). La sortie de signal est reliée à l'une des entrées du détecteur de phase/fréquence 1. Le signal qui, parmi les signaux appliqués en entrée du multiplexeur, est appliqué sur l'entrée du détecteur de phase/fréquence 1 est  
15 déterminé par un signal d'horloge H appliqué sur l'entrée d'horloge et par une information I appliquée sur l'entrée de commande. A chaque coup du signal d'horloge H, le signal appliqué au détecteur de phase/fréquence est choisi en fonction de l'information  
20 I. L'information I effectue ainsi la sélection du séquençement des signaux qui sont appliqués, au rythme du signal d'horloge H, en entrée du détecteur de phase/fréquence.

Le signal d'horloge H peut être le même signal  
25 que le signal d'horloge appliqué en entrée de la chaîne de retard ou un signal d'horloge différent. L'information I peut être une information périodique ou non périodique.

De façon générale, la modification du nombre de  
30 cellules de retard vues par le détecteur de phase/fréquence peut avoir lieu à chaque coup d'horloge

du signal d'horloge H ou à une fréquence plus faible. Cette modification peut être mise en œuvre de telle sorte que la valeur moyenne du nombre de cellules de retard vues par le détecteur de phase/fréquence est choisie à l'avance en fonction du retard fractionnel que l'on cherche à obtenir. A titre d'exemple, la valeur moyenne du nombre de cellules de retard vues par le détecteur peut être obtenue en effectuant une moyenne pondérée et en utilisant comme pondération pour chaque cellule de retard le nombre de coup d'horloge de l'horloge H pendant lequel le nombre de cellules de retard est effectif. Il existe alors une relation entre le nombre moyen de cellules de retard utilisées NC et le retard  $\Delta t$  d'une cellule élémentaire, à savoir :

15

$$\Delta t = T/NC$$

A titre d'illustration des performances d'une boucle DLL selon l'invention, un exemple non limitatif va maintenant être donné. On considère une chaîne de retard qui comprend dix cellules de retard ( $n=10$ ). On suppose que l'horloge H qui commande le multiplexage est identique, à un retard près, à l'horloge qui est appliquée en entrée de la chaîne de retard. Le signal appliqué au détecteur de phase/fréquence est différent à chaque coup d'horloge de la fréquence d'entrée. On suppose également, dans cet exemple, que le signal sélectionné par l'information I pour être appliqué en entrée du détecteur de phase/fréquence est une alternance des signaux  $a_{10}$  et  $a_9$ . La phase moyenne qui est comparée par le détecteur de phase/fréquence est

30

alors égale à  $9.5 \Delta t$ , où  $\Delta t$  est le retard d'une cellule de retard élémentaire. Il vient donc la relation:

$$\Delta t = 2T/19$$

Il est alors possible de générer des retards égaux à  $2T/19, 4T/19, \dots, 18T/19$  avec une chaîne de dix retards. Pour obtenir un tel résultat à l'aide d'une boucle DLL selon l'art antérieur, dix-neuf retards sont nécessaires.

Il va maintenant être décrit comment, de façon plus générale, générer un retard quelconque à partir d'une boucle DLL fractionnaire simple. Par boucle DLL fractionnaire simple, il faut entendre une boucle DLL qui n'utilise, pour le multiplexage, que deux signaux de retard successifs, par exemple les signaux  $a_{n-1}$  et  $a_n$ .

On suppose que les signaux  $a_{n-1}$  et  $a_n$  sont respectivement utilisés pendant  $p$  coups d'horloge et  $q-p$  coups d'horloge. La valeur moyenne du retard apporté par la chaîne de retard est alors égale à  $(n-p/q)\Delta t$ . La valeur du retard d'une cellule élémentaire est alors donnée par la relation :

$$\Delta t = q T / (qn - p)$$

A titre d'exemple non limitatif, pour une chaîne de retard comprenant dix cellules de retard et en supposant que  $I$  est un signal périodique de période  $100T$  ( $q=100$  et la valeur moyenne d'un retard est alors obtenue sur 100 points), il vient donc:

$$\Delta t = 100T / (1000 - p)$$

Une évaluation du nombre  $p$  conduit alors à :

$$P = \text{PART}[1000 - 100T/\Delta t]$$

où  $\text{PART}[X]$  représente la partie entière de  $X$ .

Pour réaliser un retard fractionnaire égal à  $aT/b$  en sortie de la cellule de retard de rang  $k$ ,  $a$  et  $b$  étant deux nombres entiers quelconques, il faut poser :

$$\begin{aligned} k \Delta t &= a T/b, \text{ soit} \\ a T/b &= k q T/(q n-p) \end{aligned}$$

Il apparaît donc un système de 2 équations à 4 inconnues  $p, q, n, k$ , chaque inconnue étant un nombre entier. Un tel système d'équations a toujours des solutions.

Par exemple, pour réaliser un retard égal à  $13T/100$ , la solution est la suivante :

$$p=4, q=13, n=8, k=1$$

Le retard de  $13T/100$  est alors obtenu avec seulement huit cellules de retard. Ce résultat est à comparer avec le résultat obtenu selon l'art antérieur où cent cellules de retard sont nécessaires (cf. ci-dessus).

Un autre exemple peut être donné pour l'obtention d'un retard de  $14T/121$ . La solution suivante est alors obtenue :

$$p=5, q=7, n=18, k=2.$$

Dans cet exemple, le nombre de cellules peut encore être réduit par la solution ci-dessous :

$$p=5, q=14, n=9, k=1.$$

Neuf cellules sont alors avantageusement suffisantes.

Un exemple de boucle DLL selon le premier mode de réalisation de l'invention va maintenant être décrit en référence à la figure 3.

Selon l'exemple de la figure 3, les moyens de multiplexage 4 comprennent un multiplexeur 5 et un

modulateur sigma delta 6. Le modulateur sigma delta 6 comprend une entrée d'horloge et une entrée de signal. Le signal d'horloge H est appliqué sur l'entrée d'horloge et l'information I est appliqué sur l'entrée de signal. Le modulateur sigma delta 6 convertit, au rythme du signal d'horloge H, l'information I en un signal de commande numérique C. Le signal de commande numérique C commande la commutation du multiplexeur 5. Un avantage de l'utilisation d'un modulateur sigma delta est de réduire le bruit de l'information de commande de commutation.

Dans le cas, par exemple, d'une boucle DLL fractionnaire simple, pour générer un séquençement correct des signaux à appliquer au détecteur de phase/fréquence, l'information I appliquée au modulateur sigma delta est égale à une valeur fractionnaire  $p/q$ , comme cela a été mentionné précédemment. Le signal C délivré en sortie du modulateur prend deux états différents (un état +1 pour choisir le signal an et un état 0 pour choisir le signal an-1) de telle sorte que la valeur moyenne du signal C soit égale à  $p/q$ , à l'erreur de quantification près (une optimisation du modulateur permet cependant de réduire cette erreur de quantification). Il est alors possible d'obtenir un retard moyen de la boucle égal à la quantité  $(n-p/q)\Delta t$ , ce qui est le but recherché.

Une boucle DLL selon le premier mode de réalisation de l'invention n'est bien sûr pas limitée à l'exemple de boucle DLL fractionnaire simple mentionné ci-dessus. De façon plus générale, l'utilisation d'un

modulateur sigma delta avec un quantificateur multibit conduit à pouvoir choisir entre les  $n$  sorties de retard de la boucle DLL,  $n$  étant un nombre supérieur ou égal à 2.

5 Il est également possible, selon l'invention, d'appliquer une information  $I$  variable en entrée du modulateur sigma delta. On obtient alors un retard ou une fréquence modulé par une grandeur variable contenue dans l'information  $I$ . Le nombre  $NC$  de cellules de  
10 retard utilisées est alors une grandeur variable qui module le retard  $\Delta t$  d'une cellule élémentaire. L'invention peut ainsi être mise en oeuvre pour générer un retard variable utilisé pour générer un signal de modulation PPM (PMM pour « Pulse Position Modulation »)  
15 utilisé dans en technologie UWB (UWB pour « Ultra Wide Band »).

La figure 4 représente un deuxième mode de réalisation de boucle de verrouillage de retard selon l'invention.

20 Outre les circuits représentés en figure 1, la boucle à verrouillage de retard de la figure 4 comprend un premier ensemble d'interrupteurs  $I_{qi}$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ), un deuxième ensemble d'interrupteurs  $I_{pi}$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) et un circuit de commande 7. Chaque interrupteur  
25  $I_{pi}$  est placé en sortie du retard  $R_i$  et chaque interrupteur  $I_{qi}$  est placé en parallèle de l'ensemble formé par le retard  $R_i$  et l'interrupteur  $I_{pi}$ .

Les interrupteurs  $I_{pi}$  et  $I_{qi}$  sont commandés par les signaux de commande respectifs  $p_i$  et  $q_i$ . Le circuit  
30 de commande 7 comprend une entrée d'horloge et une entrée de commande sur lesquelles sont respectivement

appliqués un signal d'horloge H et un signal de commande I. Les signaux  $p_i$  et  $q_i$  sont issus du circuit de commande 7. A chaque coup de l'horloge H, le circuit de commande 7 délivre une combinaison de signaux de commande  $p_i$ ,  $q_i$ , aptes à ouvrir ou fermer les interrupteurs respectifs  $I_{p_i}$ ,  $I_{q_i}$ . Il est alors possible de retirer un ou plusieurs retards quelconque de la boucle de retards. Si la sortie de la boucle de retard doit osciller, par exemple, entre les signaux  $a_n$  et  $a_{n-1}$ , il est alors possible de court-circuiter alternativement chacune des cellules de retard suivant un algorithme adapté à cette fin (algorithme aléatoire, algorithme à mise en forme de bruit, etc.). Cela permet avantageusement de réduire l'influence de la dispersion des retards entre chacune des cellules de retard. En effet, par exemple, au cas où la dernière cellule de retard  $R_n$  présente un retard sensiblement différent du retard des autres cellules, l'influence de cette cellule sera différente de celles des autres cellules du fait de sa commutation hors boucle.

Une boucle à verrouillage de retard selon le deuxième mode de réalisation de l'invention présente les mêmes avantages qu'une boucle à verrouillage de retard selon le premier mode de réalisation. A titre d'exemple non limitatif, il est ainsi possible de réaliser une boucle DLL fractionnaire simple utilisant deux signaux de retard successifs, par exemple, les signaux  $a_{n-1}$  et  $a_n$ . La valeur du retard  $\Delta t$  d'une cellule élémentaire est alors donnée par la relation :

$$\Delta t = q T / (q n - p),$$

où les grandeurs  $p$ ,  $q$ ,  $n$  et  $T$  sont les grandeurs

définies précédemment.

De même, le circuit de commande 7 peut être constitué d'un modulateur sigma delta et d'un circuit de commande numérique (non représentés sur les figures). Les signaux d'horloge H et de commande I sont appliqués sur le modulateur sigma delta et un signal de commande numérique C délivré par le modulateur sigma delta est appliqué au circuit de commande numérique.

Selon un perfectionnement du deuxième mode de réalisation de l'invention, il est possible de rajouter des interrupteurs et des charges commutables en entrée et en sortie des différentes cellules de retard de sorte que, quel que soit le retard programmé, le nombre d'interrupteurs traversés soit toujours le même et que chaque cellule de retard voit toujours la même charge sur son entrée et sur sa sortie.

Dans le cadre d'une réalisation de boucle à verrouillage de retard en technologie sur silicium, et quel que soit le mode de réalisation de l'invention, la précision du retard généré ou de la fréquence synthétisée est fonction de l'appariement qui existe entre les différentes cellules de retard. Le nombre de cellules de retard d'une boucle à verrouillage selon l'invention étant très sensiblement réduit par rapport au nombre de cellules de retard d'une boucle à verrouillage selon l'art antérieur, la contrainte de temps de propagation d'une cellule de retard élémentaire peut être réduite. Il est alors possible d'augmenter la surface des composants utilisés pour réaliser une cellule de retard élémentaire, ce qui a pour effet avantageux d'augmenter la précision de la



boucle.

De même, quel que soit son mode de réalisation, une boucle à verrouillage de retard selon l'invention permet avantageusement de générer des retards qui ne  
5 sont pas des multiples entiers du délai minimum  $T_{min}$  tout en travaillant à la fréquence maximale d'utilisation.

D'une façon générale, le grand nombre de degrés de liberté d'une boucle DLL selon l'invention  
10 comparativement au nombre de degrés de liberté d'une boucle DLL selon l'art antérieur permet d'étendre et d'améliorer très sensiblement les performances de la boucle.

L'invention est avantageusement réalisée si  
15 elle utilise les techniques classiques d'intégration VLSI sur silicium.

La figure 5A et 5B représentent un perfectionnement de la boucle à verrouillage de retard selon, respectivement, le premier mode de réalisation  
20 de l'invention et le deuxième mode de réalisation de l'invention.

Le fonctionnement d'une boucle à verrouillage de retard comprend deux phases distinctes : une phase d'accrochage et une phase durant laquelle le délai  
25 élémentaire ne varie plus.

Le retard généré par chacune des cellules de la boucle de retard a une limite inférieure et une limite supérieure. Lors de la phase d'accrochage, un problème de convergence peut alors apparaître, particulièrement  
30 lorsque les contraintes d'accrochage sont sévères. Ce problème de convergence peut également apparaître du

fait de la grande dispersion des délais élémentaires des différentes cellules lorsque la boucle à verrouillage de retard est réalisée en technologie sur silicium. Lors de la phase d'accrochage, une boucle à verrouillage de retard peut alors se trouver dans un état de blocage lorsque le retard minimum de chaque cellule est atteint et que le retard global est encore trop élevé. La boucle à verrouillage de retard selon le perfectionnement de l'invention représenté aux figures 5A et 5B permet de supprimer cet inconvénient.

Selon le perfectionnement de l'invention, la boucle à verrouillage de retard comprend, en plus des éléments précédemment décrits, un dispositif d'analyse de convergence 8, un commutateur 9 et un circuit de traitement 10. L'entrée du dispositif d'analyse de convergence 8 est reliée à la sortie du détecteur de phase/fréquence 1. Le commutateur 9 comprend deux entrées de signal, une entrée de commande et une sortie. Une première entrée de signal du commutateur 9 est reliée à la sortie du dispositif d'analyse de convergence 8 alors que l'information I mentionnée précédemment est appliquée sur la deuxième entrée de signal. La sortie du commutateur 9 est reliée à l'entrée du circuit de traitement 10 dont la sortie est reliée à l'entrée de commande des moyens de multiplexage 4 (cas de la figure 5A) ou à l'entrée de commande du circuit de commande 7 (cas de la figure 5B).

Le dispositif d'analyse de convergence 8 délivre sur sa sortie une information qui mesure l'état de stabilité et de convergence de la boucle. Le

dispositif d'analyse de convergence 8 délivre également le signal de commande du commutateur 9.

Durant la phase d'accrochage, le commutateur 9 est commandé de sorte que la sortie du dispositif d'analyse de convergence 8 soit reliée, via le circuit de traitement 10, à l'entrée de commande des moyens de multiplexage 4 (cas de la figure 5A) ou à l'entrée de commande du circuit de commande 7 (cas de la figure 5B). Le circuit de traitement 10 utilise les informations de convergence issues du dispositif 8 pour indiquer aux moyens de multiplexage 4 ou au circuit de commande 7 s'il doit augmenter ou diminuer le nombre de cellules dans la boucle. Le signal S issu du circuit de traitement 10 constitue alors une commande permettant de sélectionner un nombre de cellules de retard apte à éviter le blocage de la boucle.

Lorsque la phase d'accrochage est terminée, le commutateur 9 est commandé de sorte que l'entrée du circuit de traitement 10 soit reliée à l'information I précédemment mentionnée. L'information I est alors traitée par le circuit 10 en fonction du nombre de cellules de retard sélectionné pendant la phase d'accrochage. Le circuit de traitement 10 aura donc auparavant mémorisé le nombre de cellules sélectionnées pour obtenir la convergence. Le signal S appliqué sur l'entrée de commande des moyens de multiplexage 4 (cas de la figure 5A) ou sur l'entrée de commande du circuit de commande 7 (cas de la figure 5B) est alors obtenu à partir de l'information I et du nombre de cellules mémorisées.

## REVENDICATIONS

1. Boucle à verrouillage de retard comprenant une chaîne de cellules de retard ( $R_1, R_2, \dots, R_n$ ) montées en série, un signal de retard délivré par la  
5 boucle étant prélevé sur la sortie de l'une des cellules de retard, l'entrée de la chaîne de cellules de retard étant connectée à une première entrée d'un détecteur de phase/fréquence (1) dont une deuxième  
10 entrée est connectée à une sortie de cellule de retard, caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens de commande (4, 7) aptes à modifier, au rythme d'un signal d'horloge (H) et sous l'action d'une information de commande (I), la sortie de la cellule de retard qui  
15 est connectée à la deuxième entrée du détecteur phase/fréquence (1).

2. Boucle à verrouillage de retard selon la revendication 1, caractérisée en ce que les moyens de commande comprennent des moyens de multiplexage (4) ayant n entrées et une sortie, chaque entrée des moyens  
20 de multiplexage (4) étant reliée à une sortie de cellule de retard différente, la sortie des moyens de multiplexage étant reliée à la deuxième entrée du détecteur phase/fréquence.

3. Boucle à verrouillage de phase selon la revendication 2, caractérisée en ce que les moyens de multiplexage (4) comprennent un multiplexeur (5) et un modulateur sigma delta (6) ayant une entrée d'horloge sur laquelle est appliqué le signal d'horloge (H) et  
25 une entrée de signal sur laquelle est appliquée l'information de commande (I), le modulateur sigma  
30

delta (6) délivrant un signal de commande numérique appliqué au multiplexeur (5).

4. Boucle à verrouillage de retard selon la revendication 1, caractérisée en ce que les moyens de commande comprennent un premier ensemble d'interrupteurs  $I_{qi}$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ), un deuxième ensemble d'interrupteurs  $I_{pi}$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ) et un circuit de commande (7) ayant une entrée d'horloge sur laquelle est appliqué le signal d'horloge (H) et une entrée de commande sur laquelle est appliquée l'information de commande (I), l'interrupteur  $I_{pi}$  étant placé en sortie de la cellule de retard  $R_i$  de rang  $i$  et l'interrupteur  $I_{qi}$  étant placé en parallèle de l'ensemble formé par la cellule de retard  $R_i$  de rang  $i$  et par l'interrupteur  $I_{pi}$ , les interrupteurs  $I_{pi}$  et  $I_{qi}$  étant commandés par des signaux de commande respectifs  $p_i$  et  $q_i$  issus du circuit de commande (7).

5. Boucle à verrouillage de retard selon la revendication 4, caractérisée en ce que des interrupteurs et des charges commutables sont placées en entrée et en sortie des différentes cellules de retard ( $R_1, R_2, \dots, R_n$ ) de sorte que, lors du fonctionnement de la boucle, le nombre total d'interrupteurs utilisés dans la boucle soit constant et que chaque cellule de retard voit toujours la même charge sur son entrée et sur sa sortie.

6. Boucle à verrouillage de retard selon l'une quelconque des revendications 4 ou 5, caractérisée en ce que le circuit de commande (7) comprend un modulateur sigma delta ayant une entrée d'horloge sur

laquelle est appliquée le signal d'horloge (H) et une  
 entrée de signal sur laquelle est appliquée le signal  
 de commande (I) et un circuit de commande numérique sur  
 lequel est appliqué un signal de commande numérique  
 5 délivré par le modulateur sigma delta.

7. Boucle à verrouillage de retard selon l'une  
 quelconque des revendications précédentes, caractérisée  
 en ce que l'information de commande (I) est une valeur  
 fractionnaire  $p/q$  de sorte que la sortie de la chaîne  
 10 de retard est constituée par la sortie de la cellule de  
 retard de rang  $n-1$  pendant  $p$  coups d'horloge et par la  
 sortie de la cellule de retard de rang  $n$  pendant  $q$   
 coups d'horloge,  $p$  et  $q$  étant deux nombres entiers,  $q$   
 étant supérieur à  $p$ , et que la valeur du retard d'une  
 15 cellule de retard est donnée par la formule :

$$\Delta t = q T / (qn - p), \text{ où}$$

$T$  est la période d'un signal appliqué en entrée de la  
 chaîne de retard.

8. Boucle à verrouillage de retard selon l'une  
 20 quelconque des revendications précédentes, caractérisée  
 en ce que le signal d'horloge (H) est, à un retard  
 près, identique à un signal appliqué sur la première  
 entrée du détecteur de phase/fréquence (1).

9. Boucle à verrouillage de retard selon l'une  
 25 quelconque des revendications 1 à 7, caractérisée en ce  
 que le signal d'horloge (H) est un signal dont la  
 période est inférieure à la période du signal appliqué  
 sur la première entrée du détecteur de phase/fréquence

(1).

10. Boucle à verrouillage de retard selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisée en ce qu'elle comprend des moyens (8, 9, 10) pour  
5 sélectionner, pendant une phase d'accrochage de la boucle, un nombre de cellules de retard apte à éviter un blocage de la boucle.

11. Boucle à verrouillage de retard selon la revendication 10, caractérisée en ce que les moyens (8,  
10 9, 10) pour sélectionner, pendant une phase d'accrochage de la boucle, le nombre de cellules de retard apte à éviter un blocage de la boucle comprennent un dispositif d'analyse de convergence 8,  
un commutateur (9) et un circuit de traitement (10),  
15 l'entrée du dispositif d'analyse de convergence (8) étant reliée à la sortie du détecteur de phase/fréquence (1), le commutateur (9) étant commandé de façon à relier la sortie du dispositif de convergence (8) à l'entrée du circuit de traitement  
20 (10), la sortie du circuit de traitement (10) étant reliée à une entrée de commande des moyens de commande (4, 7).

12. Boucle à verrouillage de retard selon la revendication 10 ou 11, caractérisée en ce qu'elle  
25 comprend des moyens (10) pour mémoriser le nombre de cellules de retard sélectionné.

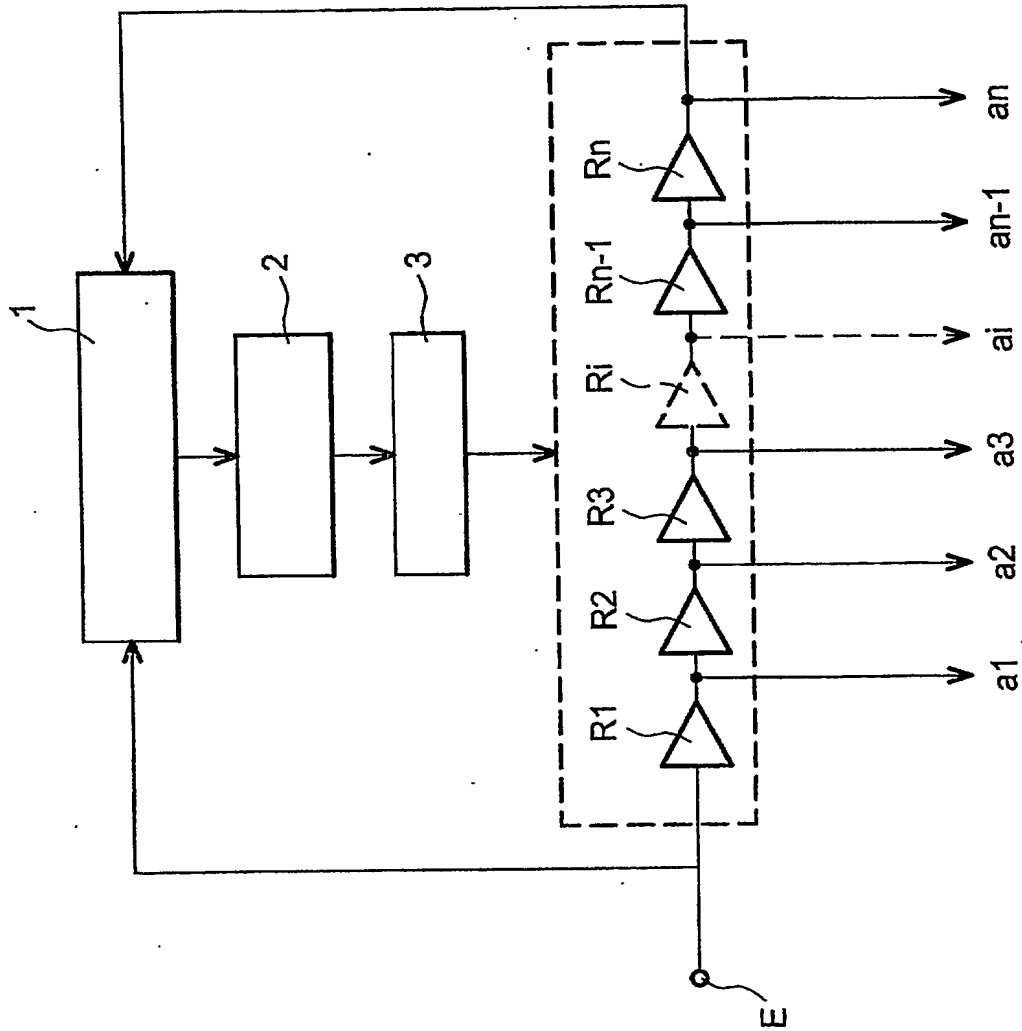


FIG. 1



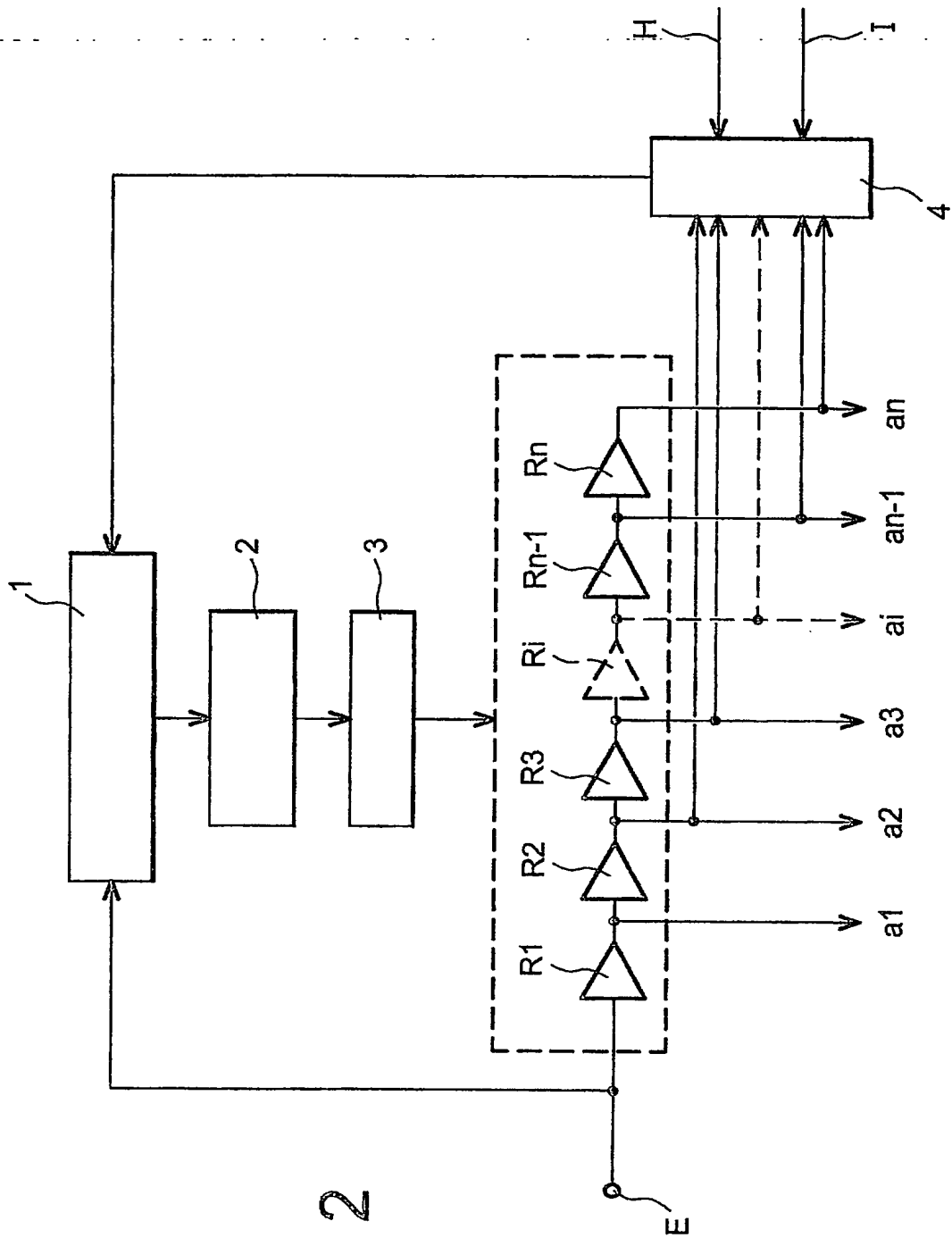


FIG. 2

FIG. 3

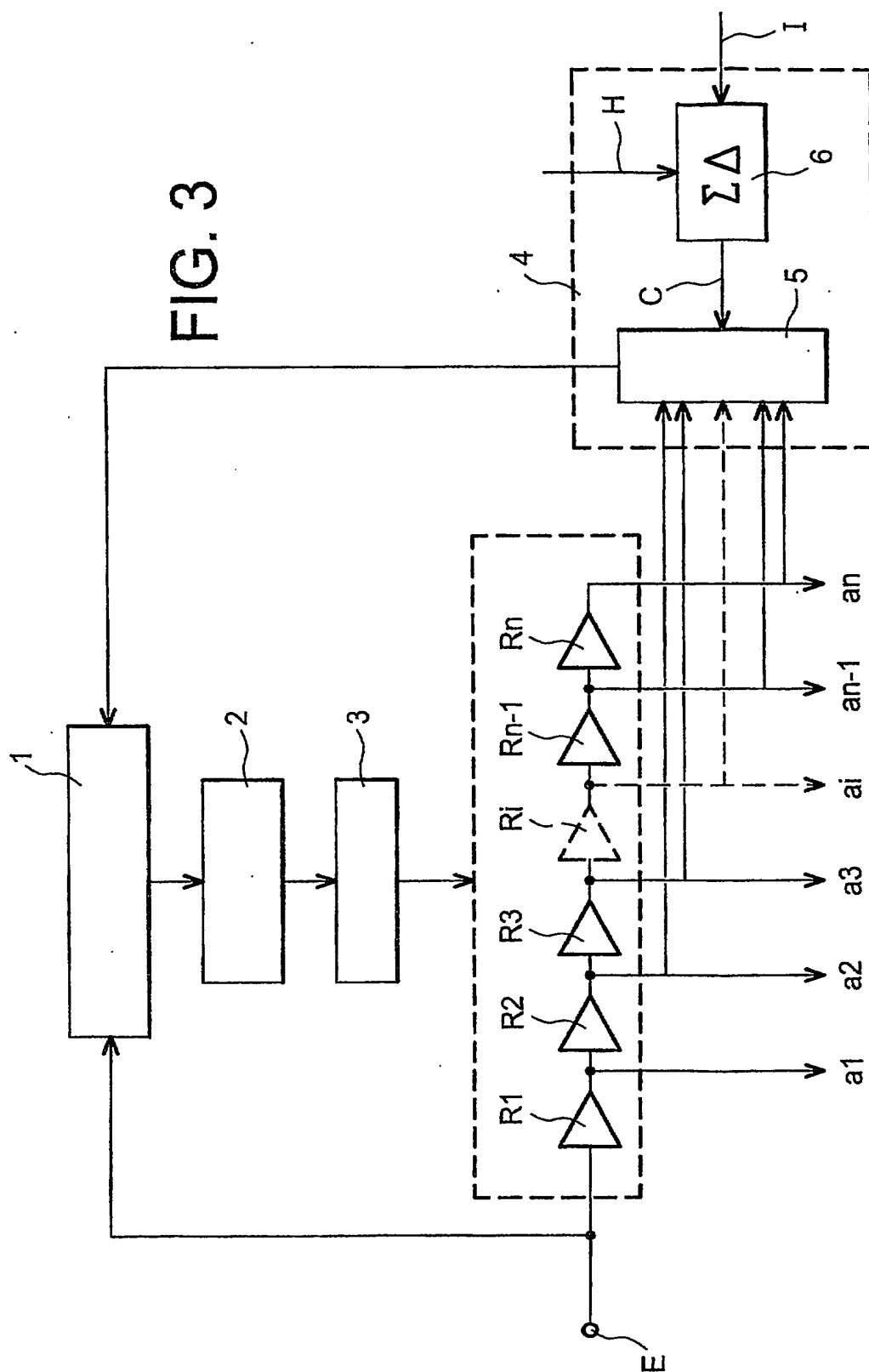
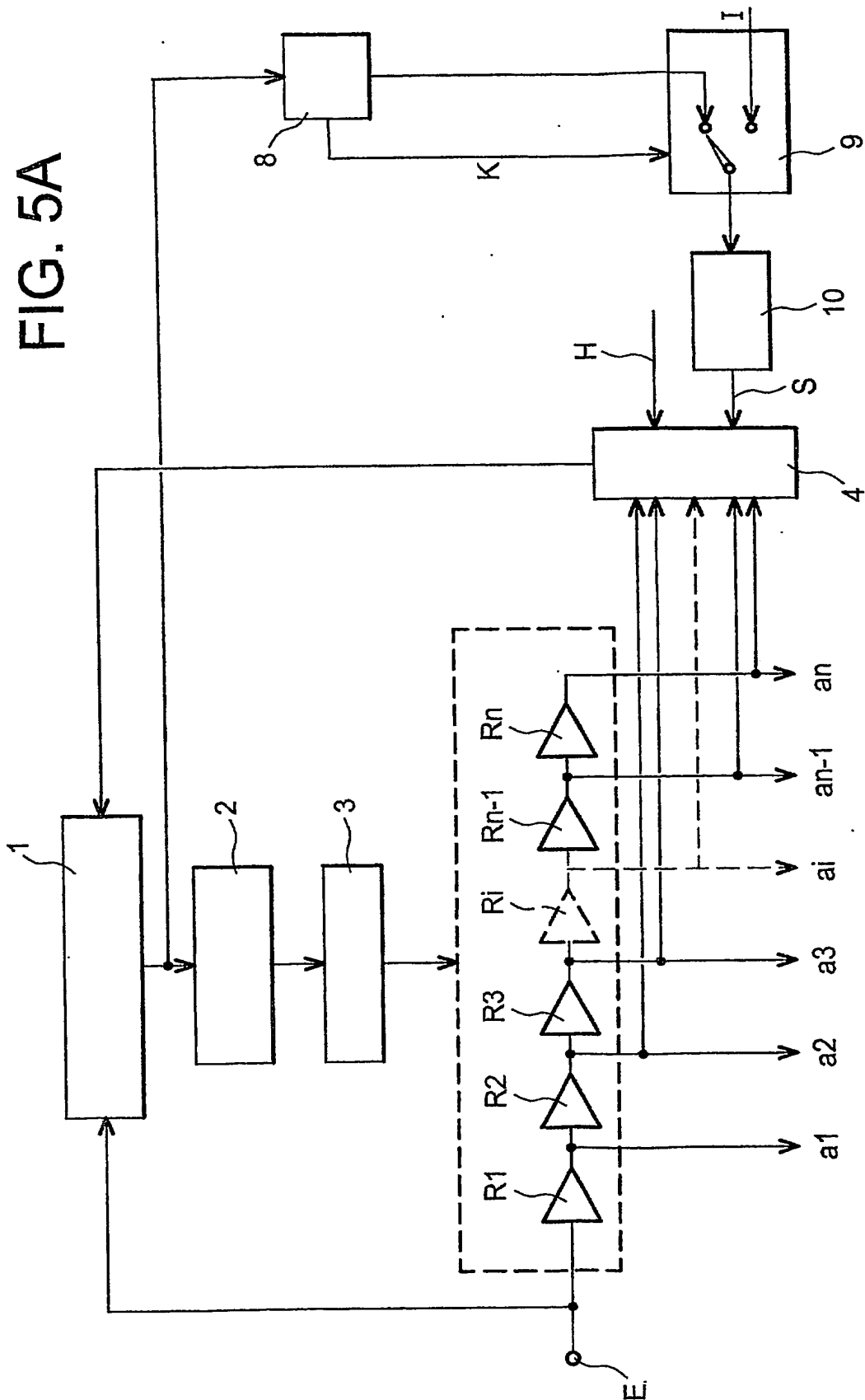




FIG. 5A



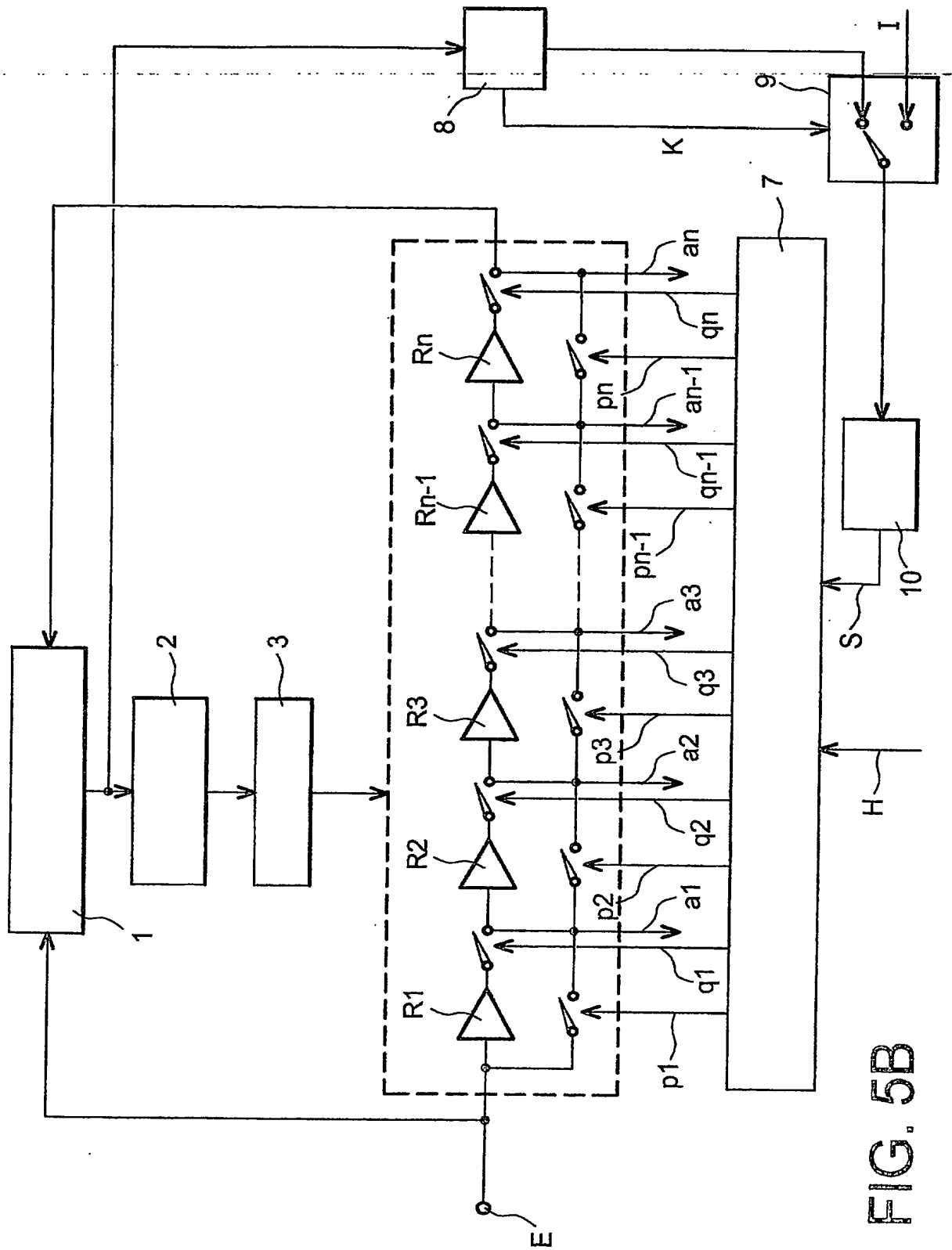


FIG. 5B

DÉPARTEMENT DES BREVETS

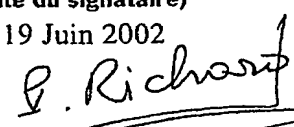
26 bis, rue de Saint Pétersbourg  
75800 Paris Cedex 08

Téléphone : 01 53 04 53 04 Télécopie : 01 42 93 59 30

DÉSIGNATION D'INVENTEUR(S) Page N° 1. / 1.  
(Si le demandeur n'est pas l'inventeur ou l'unique inventeur)

Cet imprimé est à remplir lisiblement à l'encre noire

09 113 W / 260899

Vos références pour ce dossier (facultatif)		B 13989.3 PR	
N° D'ENREGISTREMENT NATIONAL		020 7560	
TITRE DE L'INVENTION (200 caractères ou espaces maximum) BOUCLE A VEROUILLAGE DE RETARD			
LE(S) DEMANDEUR(S) : COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE 31/33 rue de la Fédération 75752 PARIS 15ème			
DESIGNE(NT) EN TANT QU'INVENTEUR(S) : (Indiquez en haut à droite «Page N° 1/1» S'il y a plus de trois inventeurs, utilisez un formulaire identique et numérotez chaque page en indiquant le nombre total de pages).			
Nom		MORCHE	
Prénoms		Dominique	
Adresse	Rue	10 allée du Mijou	
	Code postal et ville	38240	MEYLAN FRANCE
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
Nom			
Prénoms			
Adresse	Rue		
	Code postal et ville		
Société d'appartenance (facultatif)			
DATE ET SIGNATURE(S) DU (DES) DEMANDEUR(S) OU DU MANDATAIRE (Nom et qualité du signataire) PARIS LE 19 Juin 2002 P. RICHARD 422-5/002			

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**